

Bull. Kagoshima Pref. Jr. College, **42**, 17–29 (1991)

かるかんの凍結保存中における 物性変化について

Changes in Properties of “Karukan” during Frozen Storage

大 山 重 信・立 山 冬 子

Shigenobu OYAMA and Fuyuko TACHIYAMA

(Received August 26, 1991)

“Karukan” sample A and E were stored at -20°C for 56 days. Thawing was made with microwave oven. Rheological properties were examined with colorimeter, rheometer, tensilon meter, and texturometer. Moisture was also determined.

Moisture decreased during one week or so at the beginning of frozen storage, and whiteness decreased slightly, too.

Elastic deformation values of both sample decreased by frozen storage. On the other hand, retarded elasticity and visco-elasticity remained almost unchanged (Fig.7 and 8).

The values of hardness which were measured with texturometer increased at the beginning of frozen storage and the change was observed specially in the case of sample E (Fig.11 and 12).

Each area of the first, second, and third peak in texture profile curve obtained on texturometer for both sample A and E increased at the beginning of frozen storage (Fig.13 and 14). It means that the work done in each chew of the samples under frozen storage is harder than that of unfrozen.

Cohesiveness of sample E became larger than before freezing (Table 1).

Gumminess of both sample became larger than before freezing, as well (Table 1). It means that more energy will be required to chew and make sample to a state ready for swallowing.

In general, the changes in properties occurred during 7 days or so at the beginning of frozen storage, and the changes on sample E came out more clearly than those on sample A. Thereafter, the properties of both sample seemed to remain almost unchanged during frozen storage.

The changes stated above showed the quality of the starting samples of “Karukan” suffered deterioration more or less by frozen storage and thawing.

近年、冷凍冷蔵庫や電子レンジが家庭に広く普及し、食品の凍結保存、冷蔵、解凍、加温、調理などによく用いられるようになっている。かるかんの場合にも、室温保存あるいは冷蔵保存するより凍結状態で保存する方が保存期間を延長できるだけでなく、品質の低下を可及的に防止することができると思われる。家庭においても、かるかんを凍結状態で保存し、食用に供する直前に電子レンジで解凍すれば、常に新鮮なものを食することができるであろう。

物性が食品のおいしさと深い関わりを持っていることはよくいわれることである。しかし、かるかんを凍結保存した場合、その物性がどのように変化するかについて調べた報告は見当たらないようであるので、筆者らは、かるかんを凍結保存し、電子レンジで解凍した場合、かるかんの物性がどのように変わるかを調べてみることにした。

実 験 方 法

1 試料

鹿児島市内のかるかん製造販売店のうち、大手の二店舗の直販店で一箱サイズのもを購入した。購入日は1990年6月18日であった。製品はAとEの略号で示した。

凍結に先立ち、まず、一箱サイズのかんを8片のブロックに切断し、それぞれを食品包装用ラップフィルム（ポリ塩化ビニリデン製）に包んで、冷凍・冷蔵室用食品保存袋（ライオン KK 製リード Ziploc フリーザーバッグ、ポリエチレン製）に入れ、さらに紙箱に入れて約 -20°C で凍結保存した。そして、これを必要に応じて取り出し、ラップフィルムを取り除いて後述のように解凍し、かるかんブロックの外側部分は切り取って除き、中央部分を以下に述べるような寸法に切断して測定に用いた。

2 解凍

ポリプロピレン製の箱（耐熱温度 140°C 、耐冷温度 -20°C ）に凍結状態のかんを入れて蓋をし、松下電器産業 KK 製電子レンジ NE-A750型のターンテーブル上にのせ、エレクトリック強として約3分間解凍した。

3 水分の定量

常圧加熱乾燥法によって求めた。すなわち、かるかん約2gを秤量ビンにとり、精秤後 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ で恒量となるまで乾燥させて水分量を求めた。

4 白色度

かるかんを $2\times 2\times 2\text{ cm}$ に切断し、東京電色製 MODEL TC-1 カラーエースにより測定した。測色窓の径は10mmとした。

5 レオナーによるクリープ試験

(1) 装置

山電製 RE-3305型レオナーに横川北辰電機製 YEW Type 3057ポータブルレコーダーを接続したものを用いた。

(2) 試料

かるかんを $2 \times 2 \times 2$ cmに切断し、ラップフィルムに包んでビーカーに入れた。これを25℃の蓋付水浴中に入れて約1時間保った後測定に用いた。

(3) 測定

立方形に切断した試料を装置の圧縮台上にのせ、100 gの定荷重下での変形量を記録した。そして、記録されたクリープ曲線を弾性変形、遅延変形、および粘性変形に分けて解析した（図1）。

測定条件は次のようにした。

プランジャー： 3.5cm ϕ 平板 定荷重下での圧縮時間： 5 min

圧縮スピード： 5 mm/s

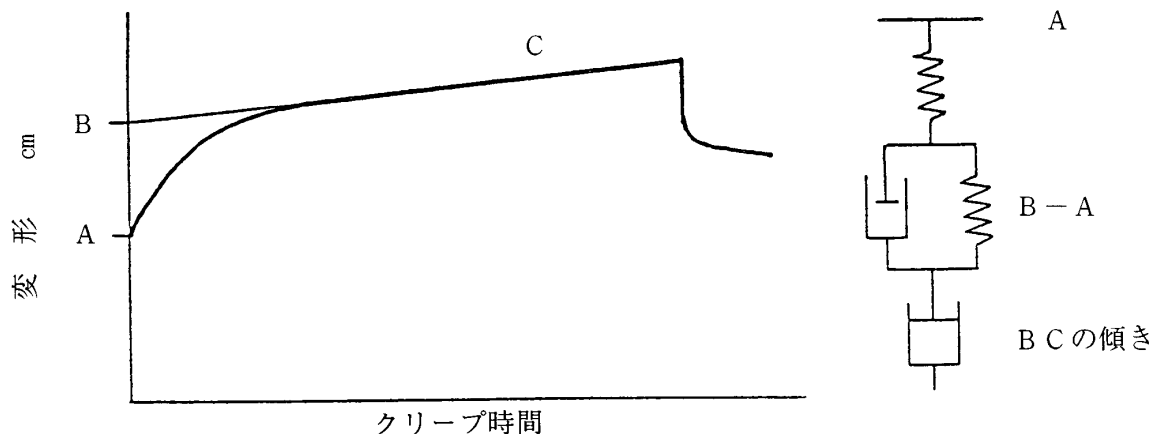


図1. レオナーによるクリープ曲線

A：弾性変形 B - A：遅延変形

B C の傾き：粘性変形

6 レオナーによる付着性試験

(1) 装置

クリープ試験と同じである。

(2) 試料

クリープ試験を行った後、引き続いて同じ試料を用いた。

(3) 測定

クリープ試験において定荷重圧縮を5分間行った後除重し、3分経過した時に装置のモードをテクスチャーに切り換え、スピードを0.5mm/sとして付着性試験を行った。チャートスピードは60cm/minとした。この試験により、記録用紙の負領域にピークが描かれる（図2）ので、このピーク面積（図2の斜線部分）をポラープランイメーターで測定し、この面積を付着性とした。

7 引っ張り試験

(1) 装置

東洋ボールドウィン社製 UTM-100型テンシロンメーター（万能引張試験機）にレコーダーを接続した。

(2) 試料

かるかんを $0.9 \times 2 \times 4$ cmに切断した。これをクリープ試験の場合と同様にラップフィルムに包んでビーカーに入れ、 25°C の蓋付水浴中に約1時間保った後測定に用いた。

(3) 測定

装置にかるかん試料をたて長の方に装着し、 $10\text{mm}/\text{min}$ の速度でたて方向に引っ張った。レコーダーの感度は $250\text{UNIT}/400\text{g}$ ，チャートスピードは $100\text{mm}/\text{min}$ とした。

解析は記録用紙に描かれた特性曲線から、抗力の最高値（H），抗力が現われ始め、やがて試料が破断されて抗力が0となるまでの伸びの部分距離（ L_1 ），特性曲線の初めの傾きの角度（ α ）などを測定した（図3）。

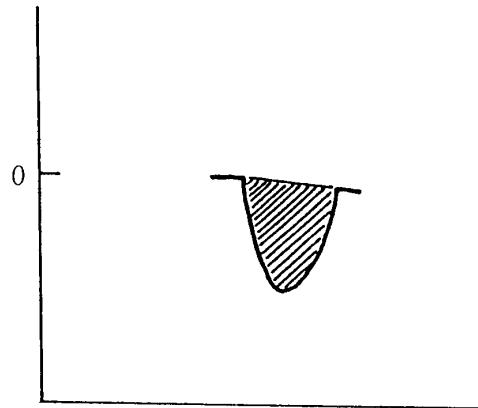


図2. レオナーによる付着性試験

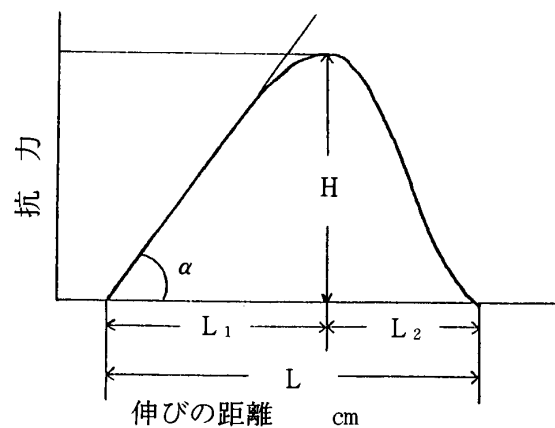


図3. 万能引張試験機による特性曲線

H : 抗力の最高値 L : 伸びの全距離
 L_1 : 伸びの部分距離
 α : 特性曲線の初めの傾きの角度

8 テクスチュロメーターによる硬さ、付着力、付着性、圧縮と復元のための仕事量、凝集性、ガム性の測定

(1) 装置

全研製 GTX-2型テクスチュロメーターを用いた。プランジャーは円形状、外径13mm（58P-C-1）を用いた。

(2) 試料

かるかんを $3 \times 3 \times 2$ cmに切断して用いた。

(3) 測定

装置の皿の上に試料をのせ、クリアランス6mm，ボルテージ（入力電圧）2.5V，バイトスピード6回/min，チャートスピード $750\text{mm}/\text{min}$ として装置に咥しゃく運動を行わせた。そして記録されたテクスチャプロフィール曲線（図4）から次の各項目についてそれぞれ解析した。

イ 硬さ 図4におけるピーク1の高さを測定し、高さを入力電圧で除して、電圧1ボルト当

たりの値を硬さとした。

ロ 付着力 図4におけるピーク1-2の高さを測定し、それを入力電圧で除し、入力電圧1ボルト当たりの値を付着力とした。

ハ 付着性 テクスチャプロファイル曲線図(図4)の中央に横線で示してある基準線の下に現われた負のピーク1-2の面積をポーラグラフィメーターで測定し、この面積を付着性とした。

ニ 圧縮と復元のための仕事量 図4のピーク1, 2, 3のそれぞれの面積をポーラグラフィメーターで測定し、それらを咀嚼の間に行われた仕事量、すなわち圧縮と復元のための仕事量とした。

ホ 凝集性 これはピーク2の面積をピーク1の面積で割った値で示した。

ヘ ガム性 硬さと凝集性との積に100を乗じた値で示した。

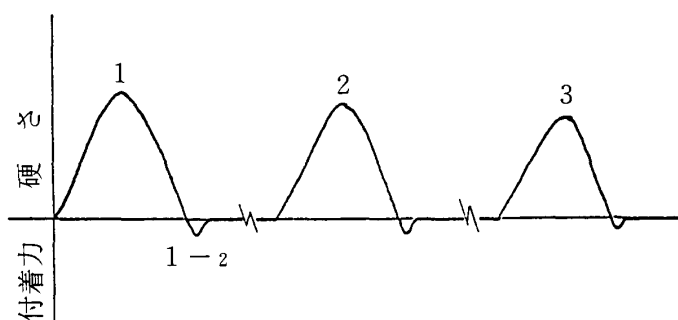


図4. テクスチュロメーターによる
テクスチャプロファイル曲線

実験結果

かるかんの凍結保存は家庭で行われる方法に合わせて、食品包装用ラップフィルムに包み、それをポリエチレン製の冷凍・冷蔵室用食品保存袋に入れて凍結保存した。解凍は家庭で手軽に行える方法をえらび、電子レンジを用いた。水分量の測定は、3回の平均値をとって測定値とした。他の測定は何れも5回ないし9回測定し、その平均値を測定値とした。測定に用いた機械、器具、測定方法などは、いずれも前報¹⁾と同様である。次に各測定項目について、それぞれ述べることにする。

1 水分量(図5)

測定期間中、水分量は試料Aの方がEより高かった。両試料とも、凍結保存1週間目ないしそれを過ぎる頃まで水分量は比較的速やかに減少し、それ以後はほぼ一定の値を示したが、1週間目の減少量は、試料AよりEの方が大きく、約2倍であった。

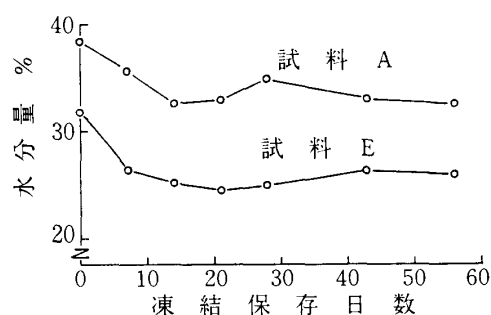


図5. かるかんの凍結保存中における水分量の変化

2 白色度 (図6)

凍結保存を開始すると、両試料とも白色度は僅かに減少した。試料Aは、ごく僅かではあるが、肉眼的にみて黄色を帯びてくるように感じられた。恐らくはメイラード反応がおこったのであろう。

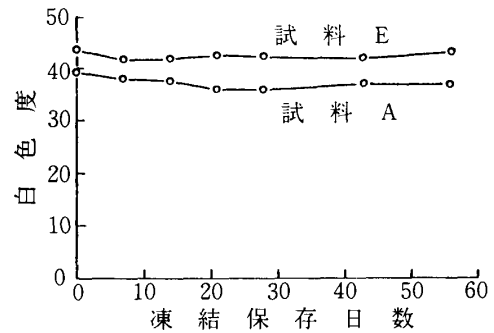


図6. かるかんの凍結保存中における白色度の変化

3 レオナーによるクリープ試験(図7および8)

クリープ曲線を弾性変形、遅延変形および粘性変形に分けて解析し、図にすると図7および8の

ようになった。この両図を比較してみると、弾性変形の値は、凍結前に試料A, Eとも同様な値であったが、凍結後には両試料とも減少した。とくに、試料Eについての値はAの値よりも小さくなった。このことは、凍結前には両試料とも、食べた時同程度のソフトな感じを受けるが、凍結保存中のものは試料Aの方がソフトな感じを受けることを示している。

弾性変形とBの値は両試料ともそれぞれ平行して変化し、凍結開始より約2週間程度減少する傾向を示し、その後横ばいとなった。

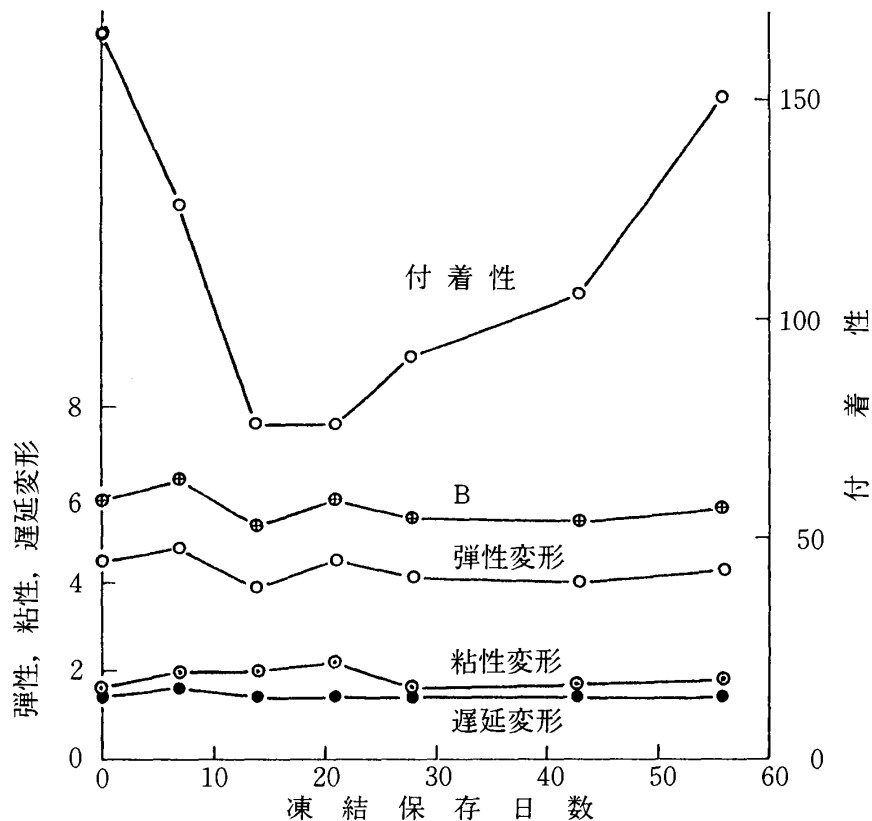


図7. かるかん試料Aの凍結保存中における物性値の変化
(レオナーによるクリープ試験および付着性試験)

付着性：図2 参照

B, 弾性変形, 粘性変形, 遅延変形：図1 参照

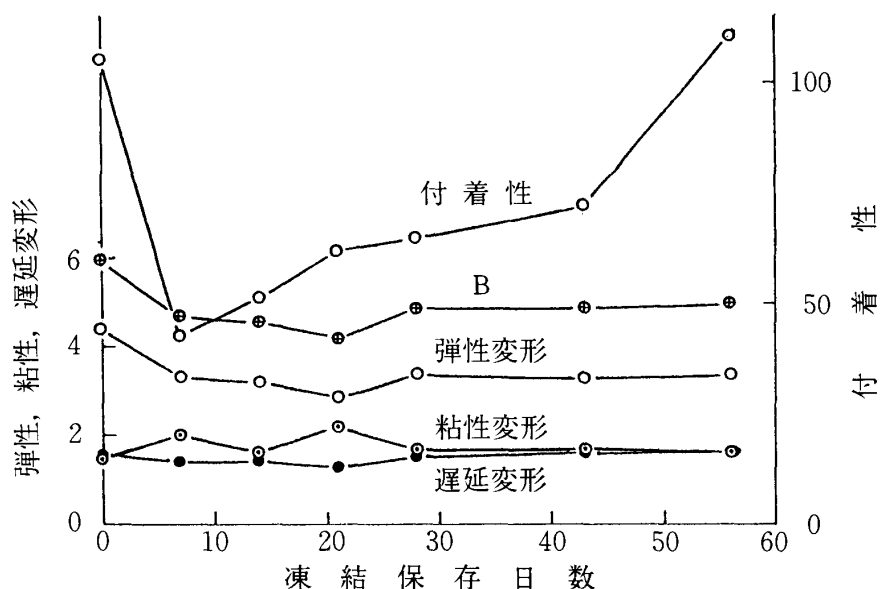


図8. かるかん試料Eの凍結保存中における物性値の変化
(レオナーによるクリープ試験および付着性試験)

付着性：図2参照

B, 弾性変形, 粘性変形, 遅延変形：図1参照

遅延変形の値は両試料とも、保存期間を通じて殆ど一定の値を示し、凍結保存しても殆ど変化しないことが示された。また、粘性変形にも大きな変化は認められなかった。

4 レオナーによる付着性試験 (図7および8)

付着性には大きな変化が認められた。すなわち、図に示したように、両試料とも凍結保存を開始すると、1週間または2週間程度付着性はまず大きく減少して最初の $\frac{1}{2}$ 以下となり、その後回復し始め、8週目頃には凍結前の頃と大体同じ程度となった。

5 引っ張り試験 (図9および10)

測定値の変化を図9および10に示した。

抗力の最高値は全体的に試料AよりもEの方がかなり大きかった。試料Aの抗力の最高値の線は4週目頃に谷となり、その後上昇する傾向を見せた。それに対し、Eの場合には2つの山が見られるが、4週目頃に谷となることはAと同様であった。

伸びの全距離は試料Eの方がやや大きい、保存期間中における値の変動の様子は両試料ともほぼ同じであった。

伸びの部分距離および傾きの角度は、両試料とも保存期間を通じて殆ど変動せず、ほぼ同じ値を保っていた。

前述のように、伸びの全距離は試料Eの方がAよりやや大きい、抗力の最高値はEの方がかなり大きいため、傾きの角度は保存期間を通じてEの方が大きくて 60° 以上となった。試料Aの傾き

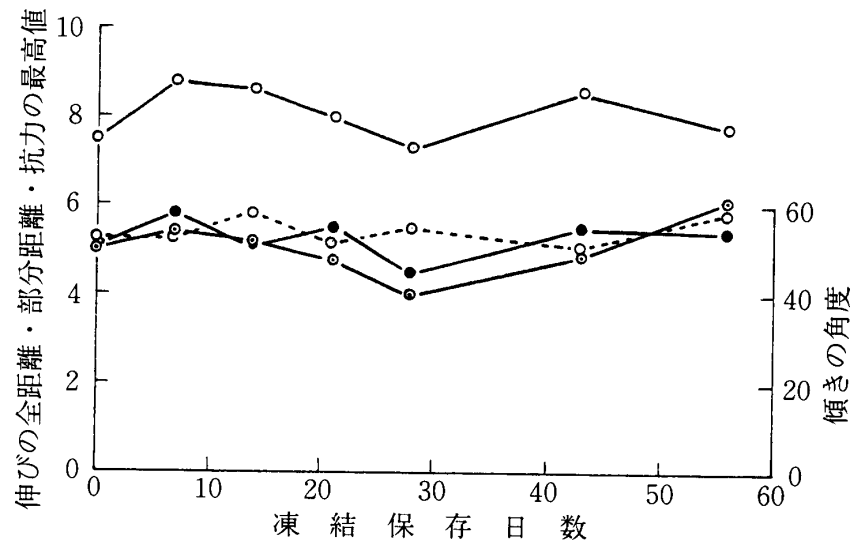


図9. かるかん試料Aの凍結保存中における物性値の変化 (引っ張り試験)

—○—：伸びの全距離 —●—：伸びの部分距離
—○—：抗力の最高値 --○--：傾きの角度

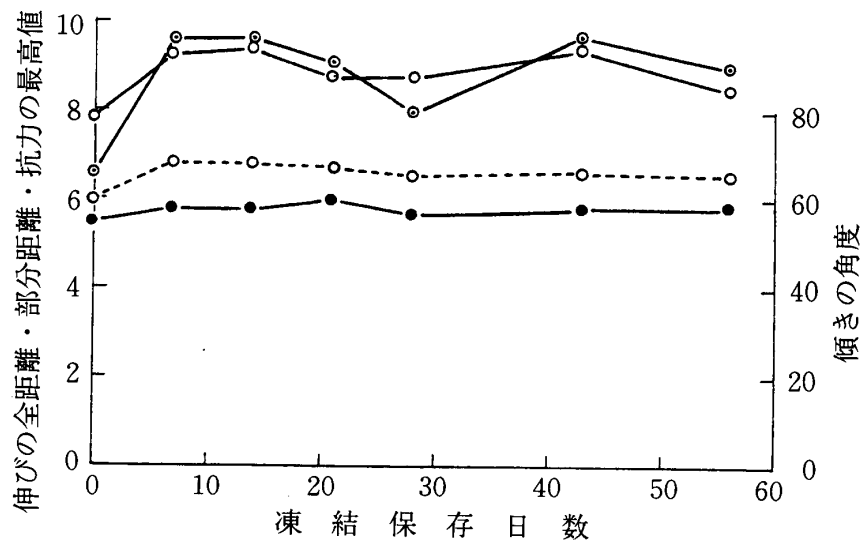


図10. かるかん試料Eの凍結保存中における物性値の変化 (引っ張り試験)

—○—：伸びの全距離 —●—：伸びの部分距離
—○—：抗力の最高値 --○--：傾きの角度

の角度は60°以下となった。

引っ張り試験の場合、測定値の高低はあるが、凍結前と凍結後との測定値を比べてみても特記するほどの変化はないように思われた。

6 テクスチュロメーターによって測定した物性値

テクスチャーは歯ざわりなどを表すもので嗜好と大きな関係をもつ重要な要素とされている。機械メーカーの指示²⁾するところに従って測定し、得られたテクスチャープロファイル曲線をもとに

して解析した幾つかの項目について次に述べる。

(1) 硬さ (図11および12)

全体的に試料Eの方が高く、Aの約2倍の値を示した。両試料とも凍結前に比べて凍結保存7日目のものは高い値となり、それ以後はほぼ同様な値を示すようであった。

(2) 付着力と付着性 (図11および12)

付着力は両試料とも同程度の値を示しているが、試料Aは保存期間を通じてほぼ同じ値となり、一方、Eは保存期間とともにやや上昇する気配を見せた。付着性は保存期間を通じて、試料Aの方がEよりやや大きかった。試料Aの付着力と付着性は同様な増減変化を示し、Eの場合にも同様であった。

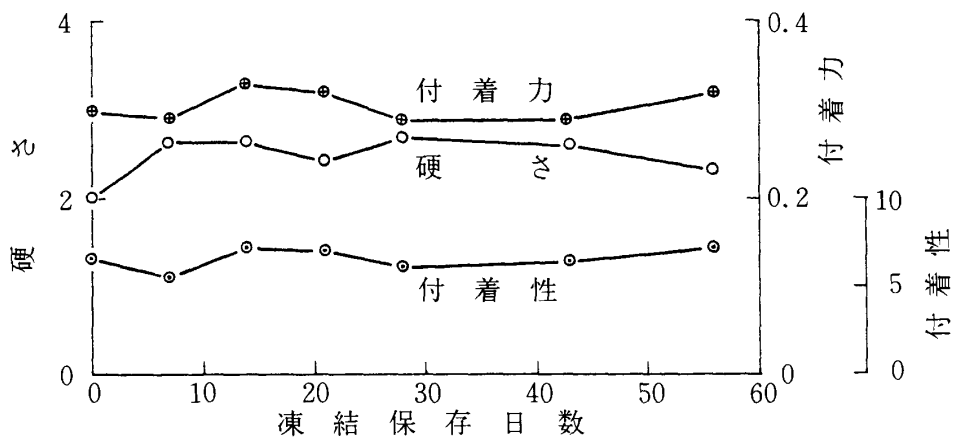


図11. かるかん資料Aの凍結保存中における硬さ，付着力，付着性の変化

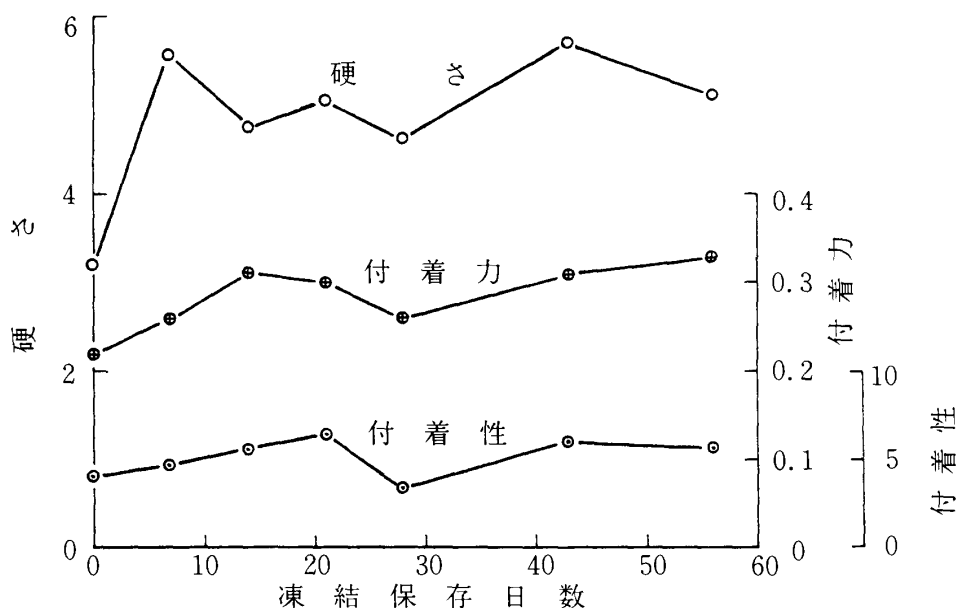


図12. かるかん試料Eの凍結保存中における硬さ，付着力，付着性の変化

(3) 圧縮と復元のための仕事量 (図13および14)

仕事量はプロファイル曲線 (図4) の中のピーク1, 2, 3それぞれの面積で示してあり, これは咀嚼のための仕事量に相当するものである。図13および14から仕事量を両試料について比較すると, ピーク1, 2, 3いずれも試料Eの方がかなり大きい。両試料とも仕事量は凍結前に比べて, 凍結保存7日目には明らかに大きくなり, それ以後は大体横ばいとなった。

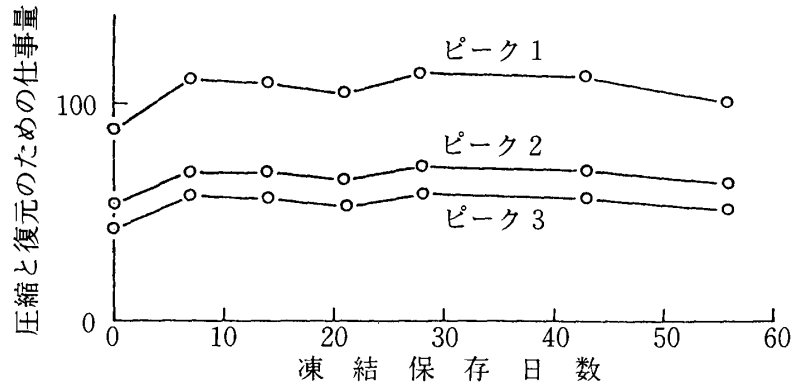


図13. かるかん試料Aの凍結保存中における物性値の変化
(テクスチュロメーターによって測定した圧縮と復元のための仕事量)
ピーク1, 2, 3: 図4 参照

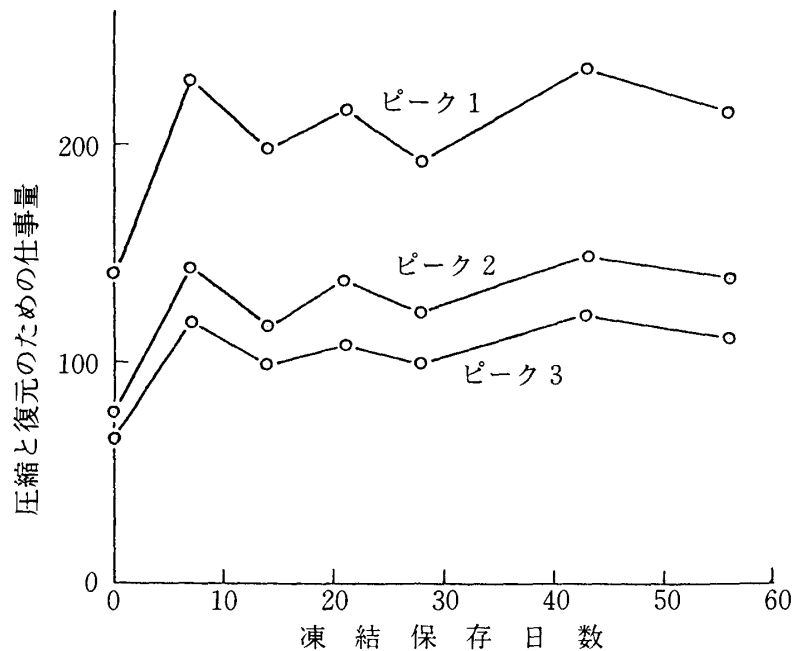


図14. かるかん試料Eの凍結保存中における物性値の変化
(テクスチュロメーターによって測定した圧縮と復元のための仕事量)
ピーク1, 2, 3: 図4 参照

(4) 凝集性 (表1)

凝集性の測定は、試料が付着性を示すときには、試料にタルカンパウダーをまぶし、付着性の影響を受けないようにすることが必要とされている。しかし、かるかんの場合、テクスチュロメーターで測定した付着性は比較的小さいので、タルカンパウダーを用いずに測定したプロファイル曲線から近似的に凝集性を求めた。

試料Aにおける凝集性の値は、凍結の前後でほとんど変動しなかったが、Eでは凍結前に比べて凍結後は大きくなった。

(5) ガム性 (表1)

ガム性は前に述べたように、硬さと凝集性との積に100を乗じた値であり、計算結果は表1に示した。

表1. 凍結保存中におけるかるかんの凝集性およびガム性の変化

試料	凍結保存日数	凝集性	ガム性
A	0	0.62	124.1
	7	0.62	162.9
	14	0.62	165.7
	21	0.61	149.3
	28	0.62	167.9
	43	0.62	160.7
	56	0.63	146.6
E	0	0.55	176.3
	7	0.63	349.5
	14	0.59	282.1
	21	0.64	323.5
	28	0.64	295.3
	43	0.63	360.9
	56	0.64	329.3

凍結前の値は試料Eの方がAの約1.4倍であったが、凍結1週間目以降は、EはAの約2倍となった。凍結1週間以降、試料Aの値は170をこえないが、Eでは凍結保存中のものはすべて300に近い値かそれ以上となった。

考 察

冷凍冷蔵庫と電子レンジの普及により、家庭における食品の保存と調理は従前と比べてきわめて容易になってきている。かるかんも入手後直ちに全てを消費せず、その一部を保存しようとする場合には、冷蔵庫に凍結して保存し、食用に供する直前に電子レンジで解凍する方法が考えられる。そこで、凍結保存と電子レンジによる解凍とを組み合わせた処理をした時、かるかんの物性がどのようなになるかを約2ヶ月間にわたって、かるかん試料AおよびEを用いて調べてみた。

凍結は家庭で行われる方法に合わせて、かるかんを食品包装用ラップフィルムに包んでから冷凍・冷蔵庫用食品保存袋に入れて凍結した。解凍はかるかんを袋から出してラップフィルムを取り除き、蓋付ポリプロピレン製箱に入れて電子レンジで解凍した。この解凍の時、かるかんブロックからの水分蒸発、とくにブロック外側部分からの水分蒸発は避けられない。しかし、物性の測定には、できるだけ均質の一定寸法のものを必要とするので、水分蒸発が多いと思われるかるかんブロックの外側部分は切り取って除き、ブロックの中央部分を所定の寸法になるよう幾つかに切断して測定に用いた。凍結保存の期間は、家庭における通常の保存期間より長目にとり約2ヶ月とした。

水分量 (図 5), 白色度 (図 6) は凍結保存を開始すると, 最初の 1 週間ないし 1 週間目を過ぎる頃まで減少した。

弾性変形の値は, 両試料とも凍結前に比べて減少し, とくに試料 Eの方がより減少した (図 7 および 8)。弾性変形の値の大きいものは, 食べた時の感触としてソフトな感じを受けるとされているので, 凍結と解凍により試料のソフトな感じは減少し, 試料 A よりも Eの方がよりソフトでない感じとなったことが示された。一方, 遅延変形と粘性変形の値の変化は認められなかった。なお, レオナーによって測定した付着性にはきわめて大きな変化がみられたが, このような変化の理由は分からない。

引張試験機によって測定した物性は, 凍結前と凍結後とを比較してみても特に注目に値するほどの変化はないように思われた。

テクスチュロメーターで測定した物性値のうち, 硬さは凍結前に比べ, 凍結後はより高い値を示すようになった。この増加は, 試料 A よりも Eで明白に認められた (図 11 および 12)。このことは図 5 のように, 試料 Eの水分量が A より少ないことに関係があり, さらに, 凍結 1 週間目頃までの Eの水分量の減少が A より大きいこととも関係するものと思われる。

圧縮と復元のための仕事量は, 両試料とも凍結前に比べ, 凍結保存 7 日目には大きくなり, 特に試料 Eで大きくなった (図 13 および 14)。7 日目以降は保存期間を通じて両試料ともそれぞれにほぼ同じ仕事量となった。圧縮と復元のための仕事量は, 咀嚼のための仕事量に相当するものであるので, 凍結保存したものは凍結前に比べ, 咀嚼のための仕事量は大きくなったといえることができる。これは, 硬さが凍結前に比べて大きくなったこととも関係するのであろう。

試料 Eの凝集性は, 凍結保存すると凍結前より高い値となった (表 1)。凝集性は内部構造を破壊するために必要な仕事量, すなわち, 歯でかんで破壊するのに必要な仕事量³⁾であるので, 硬さが増加すると凝集性も増加すると思われる。

ガム性は両試料とも, 7 日間凍結保存したものは凍結前より大きい値となり, とくに試料 Eでは Aの約 2 倍の値となり, Aと Eとではかなりの差のあることが示された (表 1)。ガム性は硬さと回復力としての弾力性の二つの性質をもつものであり, この値が大きいと圧縮された後の回復力が大きい。また, 別な表現をすれば, ガム性はかみくだいて呑み込み易くするために必要なエネルギー量³⁾であるので, この値が大きくなることは, そのようなエネルギー量が増加することを意味すると解釈される。

以上のように, レオナーによって測定した付着性の変化を除けば, かるかんの物性の変化は, 何れも主として凍結開始から凍結保存 7 日頃の間におこり, しかも物性の変化は試料 A よりも Eの方に大きく現われた。水分量の変化は物性に影響する大きな要因の一つであると考えられる。しかし, 物性変化のすべてを水分量で説明できるとは限らず, 水分量をも含めて, かるかんの成分や組織的な構造の変化が凍結, 保存, 解凍などの処理の間におこり, それが物性の変化として現われるのであろう。かるかんの主原料の一つであるかるかん粉や山芋のでんぶんの老化が凍結保存中におこることも考えられる。

上述のような物性の変化は何れも好ましくない方向への変化であり，製品によって程度の差はあるが，かるかんの品質は凍結前よりも低下していると考えられた。

かるかんの凍結，解凍，物性の測定に関して施設の利用を許可いただいた鹿児島県農産物加工研究指導センター長松原弘一郎氏および測定についてご指導とご援助をいただいた同センター主任研究員田之上隼雄氏に心から謝意を表します。

文 献

- 1) 大山重信，花園冬子：かるかんの物性について，鹿児島県立短大紀要 自然科学篇，**39**，27～36（1988）
- 2) Zenken Company Ltd. and General Foods Corporation : Texturometer
- 3) Ed. J. M. DeMan, P. W. Voisey, V. F. Rasper, D. W. Stanley : Rheology and Texture in Food Quality, pp. 547, Avi Publishing Company Inc. (1976)